



Analisis Emisi Gas Buang (CO, CO₂ dan HC) pada Sepeda Motor FI dengan Variasi Saat Pengapian, Saat Penginjeksian dan Jenis Bahan Bakar

Analysis Exhaust Emissions (CO, CO₂ and HC) on FI Motorcycle with Variations in Ignition Timing, Injector Timing and Fuel Variations

M. Sadly Firmansyah¹, Wawan Purwanto^{1*}, Hasan Maksum¹, Ahmad Arif¹, M. Yasep Setiawan¹

Abstrak

Penelitian ini membahas tentang perubahan nilai kadar CO, CO₂ dan HC yang dihasilkan emisi gas buang pada sepeda motor FI dengan penggunaan ECU Programmable (4 variasi perlakuan saat pengapian dan saat penginjeksian) menggunakan 3 jenis bahan bakar di setiap perlakuan. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui seberapa besar perubahan penggunaan ECU Programmable di setiap perlakuan terhadap emisi gas buang yang dihasilkan oleh objek penelitian. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Objek penelitian ini adalah sepeda motor FI. Kadar CO dan HC terendah yang dihasilkan sepeda motor FI dengan penggunaan ECU Programmable diperoleh pada perlakuan saat pengapian 7°BTDC dan saat penginjeksian 350°ATDC menggunakan bahan bakar Gasohol E30. Kadar CO₂ terendah diperoleh pada perlakuan saat pengapian 3°BTDC dan saat penginjeksian 350°ATDC menggunakan bahan bakar Pertamina Turbo, dimana hasil yang diperoleh menunjukkan perubahan yang signifikan setelah melalui uji banding menggunakan uji T dengan taraf signifikan 5%.

Kata Kunci

Emisi Gas Buang, Sepeda Motor FI, ECU Programmable, Saat Pengapian, Saat Penginjeksian, Bahan Bakar.

Abstract

This study discusses changes in the value of CO, CO₂ and HC levels of exhaust emission on FI Motorcycle with the use ECU Programmable (4 variation of ignition timing and injector timing) and use 3 variations fuel in every treatment. The purpose of this study was to determine how much influence the use ECU Programmable and variation of fuel on exhaust emissions produced by the research object. This type of research is experimental research. The object of this research is the FI Motorcycle. The lowest CO and HC level produced by FI Motorcycle with the use of a Programmable ECU is obtained in the treatment at ignition timing of 7°BTDC and injector timing 350°ATDC using Gasohol E30 fuel, while the lowest CO₂ level is obtained at the ignition timing treatment of 3°BTDC and when injector timing 350°ATDC uses Pertamina Turbo fuel, where the results obtained show significant changes after going through a comparative test using the T test with a significant level of 5%.

Keywords

Exhaust Emissions, FI Motorcycle, ECU Programmable, Ignition Timing, Injector Timing, Fuel.

¹ Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Barat, Kec. Padang Utara, Kota Padang, Sumatera Barat 25171

* wawan5527@ft.unp.ac.id

Dikirimkan: 05 Januari 2023. Diterima: 21 Februari 2023. Diterbitkan: 24 Februari 2023.



PENDAHULUAN

ECU (*Electronic Control Unit*) adalah sebuah piranti elektronik yang dilengkapi oleh komponen-komponen elektronika dimana fungsinya yaitu untuk mengontrol berbagai sistem (sistem bahan bakar, sistem pengapain, sistem pendinginan, dan sistem kelistrikan) pada kendaraan EFI[1]. Sistem EFI menggunakan beragam sensor untuk mendeteksi kondisi kerja mesin dan kendaraan. Dan ECU menghitung volume injeksi bahan bakar, saat pengapian, kerja pompa bahan bakar[13].

Penyetelan ECU inilah yang berperan aktif untuk meningkatkan performa kendaraan. Para produsen kendaraan bermotor bukan saja berlomba dalam mengeluarkan produk terbarunya, tetapi mereka juga berlomba dalam mengeluarkan spareparts yang sudah dimodifikasi gunanya untuk meningkatkan performa dari kendaraan itu sendiri, sehingga para pengguna kendaraan merasa puas terhadap performa kendaraannya.

Modifikasi pada ECU dilakukan khususnya untuk mesin-mesin yang penggunaan produknya sudah lewat (+-5 tahun), atau adanya hal-hal lain seperti keinginan si pemilik kendaraan untuk meningkatkan performa yang lebih baik dari performa standar pabrikan itu sendiri atau karena kendaraan akan digunakan untuk kondisi dan situasi tertentu, misalnya pada saat balapan[9]. Modifikasi ECU digunakan untuk melengkapi dari kelemahan ECU Standar pabrik yang tidak dapat digunakan untuk meningkatkan performa sepeda motor dikarenakan dibatasi oleh sistem pengaturan dari pabriknya yang tidak dapat diubah-ubah pengaturannya. Maka untuk melengkapi kelemahan dari penggunaan ECU Standar pabrik bisa dicarikan alternatif lain dengan menggunakan ECU *Programmable* untuk peningkatan performa pada sepeda motor itu sendiri[9].

Berbagai cara untuk mengurangi kadar emisi pada kendaraan dengan melakukan modifikasi baik pada engine, sistem pemasukan udara (*Air Induction system*), sistem bahan bakar (*Fuel System*) hingga sistem pengapian untuk proses pembakaran. Untuk dapat melakukan hal tersebut, maka diperlukan sistem ECU yang dapat di program ulang (*Programmable*), sehingga berbagai macam sistem yang ada pada kendaraan injeksi dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan. Salah satu jenis ECU yang dapat diprogram ulang yang sudah tersebar di pasar *aftermarket* adalah ECU dengan jenis *Programmable* dengan menggunakan ECU jenis ini dimungkinkan untuk melakukan pemrograman ulang pada sistem injeksi kendaraan.

Pada penelitian ini pemrograman ulang yang akan dilakukan yaitu pada sistem pengontrolan saat pengapian pada busi dan sistem pengontrolan saat penginjeksian oleh injektor, dengan tujuan untuk melihat bagaimana perubahan emisi gas buang dari kendaraan itu sendiri. Maka untuk melakukan pengontrolan tersebut perlu dilakukan perubahan saat pengapian (*ignition timing*) pada busi dan saat penginjeksian (*injector timing*) menggunakan ECU *Programmable* pada sepeda motor FI. Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis akan melakukan penelitian mengenai "Analisis Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor FI dengan Variasi Saat Pengapian, Saat Penginjeksian dan Jenis Bahan Bakar".

Sistem Bahan Bakar Injeksi

Sistem bahan bakar injeksi atau EFI dapat digambarkan sebagai suatu sistem penyalur bahan bakar yang memanfaatkan pompa bahan bakar pada tekanan tertentu untuk merubah bentuk bahan bakar cair menjadi bentuk gas dan mencampurnya dengan udara yang kemudian masuk ke dalam ruang bakar melalui injektor yang pada umumnya diletakkan dibagian ujung intake manifold pada saat katup masuk terbuka yaitu pada langkah hisap, sehingga udara yang masuk dapat bercampur dengan bahan bakar [2]. Secara ideal, sistem bahan bakar injeksi harus dapat menyuplai bahan bakar yang disemprotkan dari injektor agar dapat dengan mudah bercampur dengan udara dan menghasilkan campuran yang

homogen dalam perbandingan campuran yang tepat sesuai dengan putaran beban mesin dengan suhu atmosfer saat itu [11].

ECU Programmable

ECU *Programmable* yang berhasil dikembangkan oleh beberapa produsen seperti ECU yang kita gunakan pada penelitian ini yaitu ECU *Programmable* yang dijual dipasar aftermarket yang bisa di program menggunakan remote dan laptop sehingga lebih praktis dan mudah digunakan untuk melakukan pengaturan debit bahan bakar dan pengapian. ECU ini dapat mengatur *Injection Mapping* (Koreksi Mapping), *Injector Timing* (Waktu Penyemprotan), *Ignition Timing* (Kurva Pengapian), *Revolution Limiter* (Batasan Putaran Mesin) dan Kalibrasi TPS (*Throttle Position Sensor*).

Saat Penginjeksian

Terdapat beberapa tipe penginjeksian (penyemprotan) dalam sistem EFI motor bensin (khususnya yang mempunyai jumlah silinder dua atau lebih), diantaranya tipe injeksi serentak (*simoultaneous injection*) dan tipe injeksi terpisah (*independent injection*). Tipe injeksi serentak yaitu saat penginjeksian terjadi secara bersamaan, sedangkan tipe injeksi terpisah yaitu saat penginjeksian setiap injektor berbeda antara satu dengan yang lainnya, biasanya sesuai dengan urutan pengapian atau *firing order* (FO) [4]. Besarnya pengaruh dimajukan atau dimundurkan saat penginjeksian sebesar 2° juga memberikan perubahan terhadap pembakaran di dalam ruang bakar sehingga dapat menunjang performa mesin serta dapat mengurangi atau menambah polusi emisi gas buang [5].

Saat Pengapian

Saat pengapian dapat didefinisikan sebagai waktu atau saat dimana busi mulai mematikan api di ruang bakar, terkait dengan posisi piston pada waktu langkah kompresi. Saat pengapian biasanya diukur dalam satuan derajat posisi piston dan kruk as sebelum titik mati atas (TMA) [6].

Bahan Bakar

Bahan bakar yang umum digunakan pada sepeda motor adalah bensin. Unsur utama bensin adalah *carbon* (C) dan *hydrogen* (H). Bensin terdiri dari *octane* (C₈H₁₈) dan *nepthane* (C₇H₁₆). Pemilihan bensin sebagai bahan bakar berdasarkan pertimbangan dua kualitas; yaitu nilai kalor (*calorific value*) yang merupakan sejumlah energi panas yang bisa digunakan untuk menghasilkan kerja/usaha dan *volatility* yang mengukur seberapa mudah bensin akan menguap pada suhu rendah. Dua hal tadi perlu dipertimbangkan karena semakin naik nilai kalor, *volatility*-nya akan turun, padahal *volatility* yang rendah dapat menyebabkan bensin susah terbakar [3].

Ethanol

Salah satu bahan bakar yang dapat digunakan untuk menggantikan bensin adalah ethanol. *Ethanol* yang sering juga disebut etil alkohol rumus kimianya adalah C₂H₅OH, bersifat cair pada temperatur kamar. *Ethanol* dapat dibuat dari proses pemasakan, fermentasi dan distilasi beberapa jenis tanaman seperti tebu, jagung, singkong atau tanaman lain yang kandungan karbohidatnya tinggi. Bahkan dalam penelitian lain *ethanol* juga dapat dibuat dari limbah hasil pertanian (biomassa). Sehingga *ethanol* memiliki potensi cukup cerah sebagai pengganti bensin[11].

Pembakaran

Secara umum pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia atau reaksi persenyawaan bahan bakar oksigen (O₂) sebagai oksidan dengan temperaturnya lebih besar dari titik nyala. Ada dua kemungkinan yang terjadi pada pembakaran mesin bensin, yaitu pembakaran normal dan pembakaran tidak normal (tidak stokiometri)[7].

Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan dari gas buang kendaraan. Ada empat emisi pokok yang dihasilkan oleh kendaraan. Adapun keempat emisi tersebut adalah hidrokarbon atau HC, karbon monoksida atau CO, nitrogen oksida atau NO_x dan partikel-partikel yang keluar dari gas buang[8]. Emisi gas buang adalah gas-gas hasil pembakaran bahan bakar yang tidak terbakar sempurna di dalam ruang bakar". Proses pembakaran membutuhkan tiga komponen dasar, yaitu oksigen (O₂), bahan bakar dan panas. Proses pembakaran tidak mungkin berlangsung apabila salah satu komponen dasar tersebut tidak tersedia. Proses pembakaran harus berlangsung dengan sempurna, sehingga gas buang yang dihasilkan sempurna yaitu berupa karbondioksida (CO₂) dan uap air (H₂O)[7].

Penelitian Relevan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan judul "Pengaruh Saat Penginjeksian Bahan Bakar (Injection Timing) Terhadap Torsi, Daya dan Emsi Gas Buang Pada Sepeda Motor Beat FI". nilai kadar CO terendah sebesar 1,59% dan nilai kadar CO₂ terendah sebesar 3,33% diperoleh pada perlakuan ECU Programmable saat penginjeksian(injector timing) 350°ATDC. Nilai kadar HC terendah sebesar 162,3ppm diperoleh pada perlakuan ECU Programmable saat penginjeksian (injector timing) 365°ATDC[9].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalik[10]. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui analisis perbandingan antara penggunaan ECU Standar dan ECU Programmable dengan variasi ignition timing dan injector timing pada sepeda motor FI terhadap emisi gas buang melalui pengumpulan data secara langsung, baik melalui perlakuan maupun merujuk pada data yang sudah ada. Dalam pola penelitian ini terdapat dua kelompok, yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol, dapat dilihat pada tabel 1.

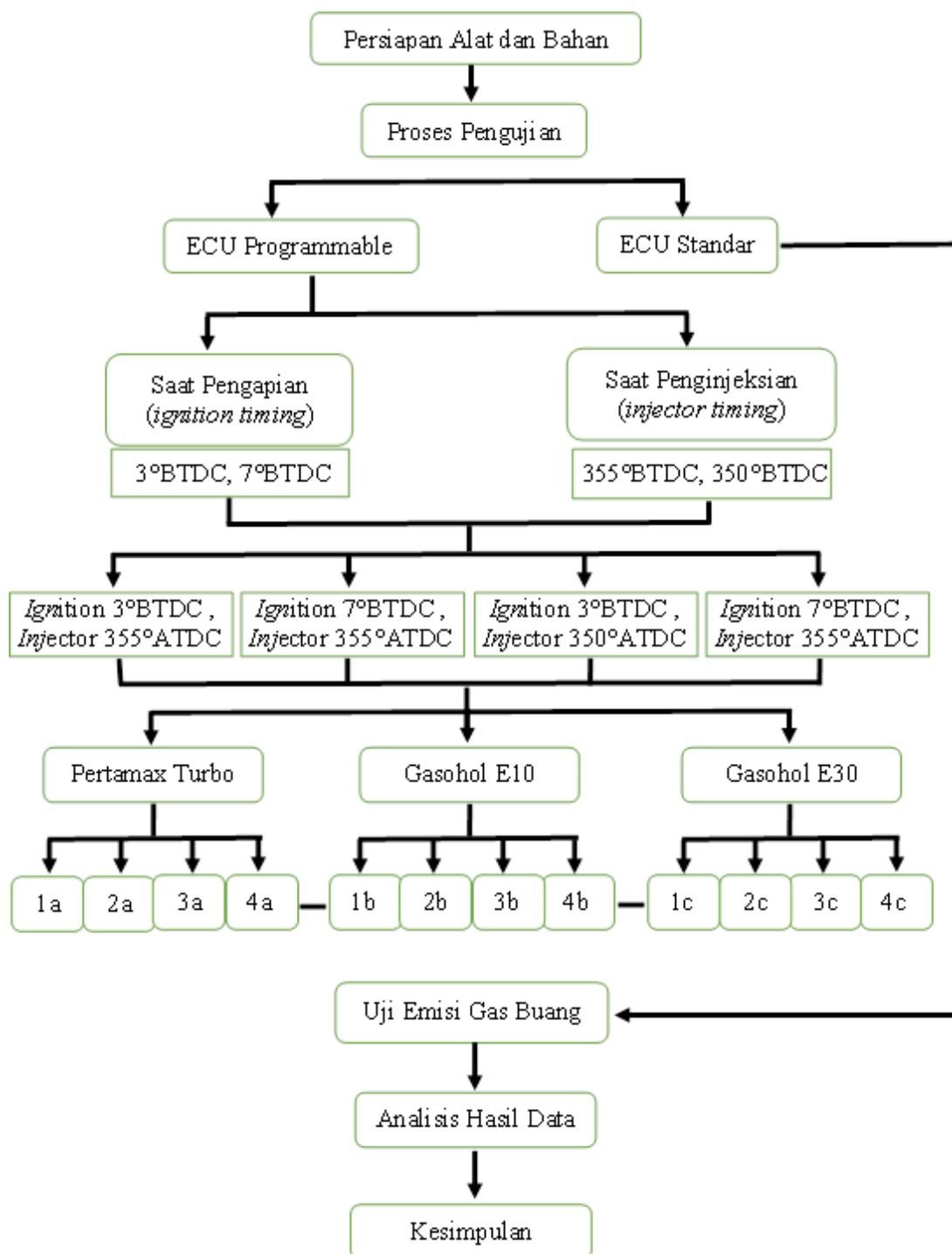
Tabel 1. Pola Penelitian

Kelompok	Perlakuan	Hasil Pengujian	Keterangan
R	X ₁	Y ₁	Tanpa perlakuan (menggunakan ECU Standar)
R	X ₂	Y ₂	Perlakuan dengan menggunakan ECU Programmable (ignition timing 3°BTDC dan injector timing 355°ATDC).
R	X ₃	Y ₃	Perlakuan dengan menggunakan ECU Programmable (ignition timing 7°BTDC dan injector Timing 355°ATDC).
R	X ₄	Y ₄	Perlakuan dengan menggunakan ECU Programmable (ignition timing 3°BTDC dan injector timing 350°ATDC).
R	X ₅	Y ₅	Perlakuan dengan menggunakan ECU Programmable (ignition timing 7°BTDC dan injector timing 350°ATDC).

Objek Penelitian

Objek penelitian merupakan sasaran atau objek yang dijadikan pokok pembicaraan dalam penelitian. Adapun yang menjadi objek penelitian dalam penelitian ini sepeda motor FI.

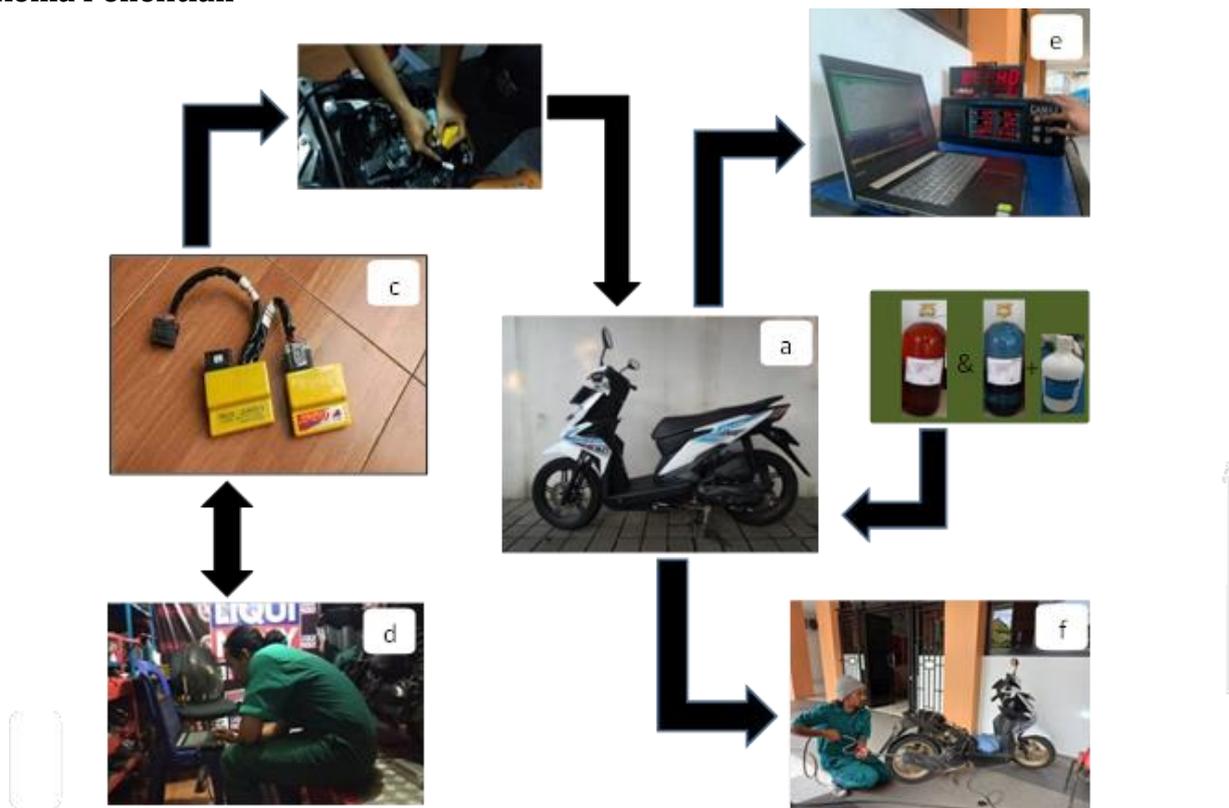
Alur Penelitian



Gambar 1. Alur penelitian

Pada penelitian ini diukur emisi gas buang sepeda motor dengan gas analyzer. Pengukuran dilakukan antara menggunakan ECU Standar dan ECU *Programmable* perlakuan variasi *ignition timing* dan *injector timing* dengan 3 jenis bahan bakar yang berbeda, Sebelum pengukuran dilakukan, sepeda motor yang digunakan dikalibrasi sesuai standar dari pabrikan tanpa kita lakukan perubahan atau perlakuan apapun.

Skema Penelitian



Gambar 2. Skema Penelitian. a. Sepeda motor FI, b. ECU Standar, c. ECU *Programmable*, d. Laptop (program), e. *Gas analyzer*, f. Proses Uji, g. Bahan bakar.

Teknik Analisis Data

Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini ditampilkan secara deskriptif dalam bentuk tabel dan grafik. Teknik analisis ini digunakan untuk mengetahui emisi gas buang dengan menggunakan ECU Standar dan ECU *Programmable* maka dilakukan analisa yakni sebagai berikut.

1. Data emisi gas buang yang dihasilkan kendaraan diperoleh dari *gas analyzer*.
2. Mempresentasikan nilai rata-rata dari masing-masing pengujian statistik dengan rumus persentase.

$$P = \frac{n - N}{n} \times 100\% \tag{1}$$

Keterangan:

- P = Angka persentase yang ingin didapatkan.
- n = Rata-rata emisi gas buang dengan ECU *Programmable*.
- N = Rata-rata emisi gas buang dengan ECU Standar.

3. Dilakukan uji t tes untuk melihat signifikansi data yang didapat.

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \tag{2}$$

Keterangan:

- Xi : nilai data
- X̄ : rata-rata
- N : jumlah data

Standar deviasi sampel 1 dan 2 yang telah didapat dimasukan ke dalam rumus *t*:

$$t = \frac{(\bar{x} - \bar{y})}{\sqrt{\frac{(nx-1)s_x^2 + (ny-1)s_y^2}{nx+ny-2} \cdot \left(\frac{1}{nx} + \frac{1}{ny}\right)}} \tag{3}$$

Keterangan:

- t = hasil pengujian
- \bar{x} = Rata - rata sampel ke-1
- \bar{y} = Rata - rata sampel ke-2
- x_i = nilai data
- s_x^2 = Standar deviasi sampel 1
- s_y^2 = Standar deviasi sampel 2
- n_x dan n_y = Jumlah sampel

Harga df yang digunakan untuk t_{tabel} adalah:

$$df = n_x + n_y - 2$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Data Pengujian

Data hasil uji emisi gas buang yang diperoleh ialah kadar CO CO₂ dan HC pada putaran idle. Hasil penelitian ada pada Tabel 2, Tabel 3, Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 2. Hasil uji emisi gas buang dengan ECU Standar.

Bahan Bakar	ECU Standar											
	CO (%)				CO ₂ (%)				HC (ppm)			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
Pertalite	0.62	0.59	0.59	0.60	12.4	12.1	12.2	12.2	177	159	266	200.7
Pertamax	0.66	0.58	0.58	0.61	12.7	12.5	12.7	12.6	206	212	250	222.7
P. Turbo	1,41	1,18	1,35	1,31	10,3	9,4	10,3	10,00	265	262	245	257,3
Gas. E10	1,63	1,72	1,72	1,69	11,1	12,4	12,3	11,93	471	634	565	556,7
Gas. E30	0,61	0,61	0,42	0,55	10,7	11,1	10,0	10,60	579	588	555	574,0

Tabel 3. Hasil uji emisi dengan ECU Pro. (ignition timing 3°BTDC dan injector timing 355°ATDC).

Bahan Bakar	ECU Programmable (ignition t. 3°BTDC dan injector t. 355°ATDC)											
	CO (%)				CO ₂ (%)				HC (ppm)			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
P. Turbo	4,21	4,04	4,05	4,10	9,4	8,6	8,7	8,90	673	560	538	590,3
Gas. E10	3,36	3,35	3,91	3,54	11,0	10,6	10,6	10,73	501	480	590	523,7

Gas. E30	2,73	2,93	3,78	3,15	9,0	9,3	9,9	9,40	829	829	899	852.3
----------	------	------	------	------	-----	-----	-----	------	-----	-----	-----	-------

Tabel 4. Hasil uji emisi dengan ECU Pro. (ignition timing 7°BTDC dan injector timing 355°ATDC).

Bahan Bakar	ECU Programmable (ignition t. 7°BTDC dan injector t. 355°ATDC)											
	CO (%)				CO ₂ (%)				HC (ppm)			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
P. Turbo	3,52	4,46	4,96	4,31	9,6	10,6	10,2	10,13	499	567	700	588,7
Gas. E10	2,1	2,71	3,05	2,62	9,8	10,0	10,4	10,07	516	505	545	522
Gas. E30	2,02	3,13	3,20	2,78	9,0	8,5	9,1	8,87	534	531	582	549

Tabel 5. Hasil uji emisi dengan ECU Pro. (ignition timing 3°BTDC dan injector timing 350°ATDC).

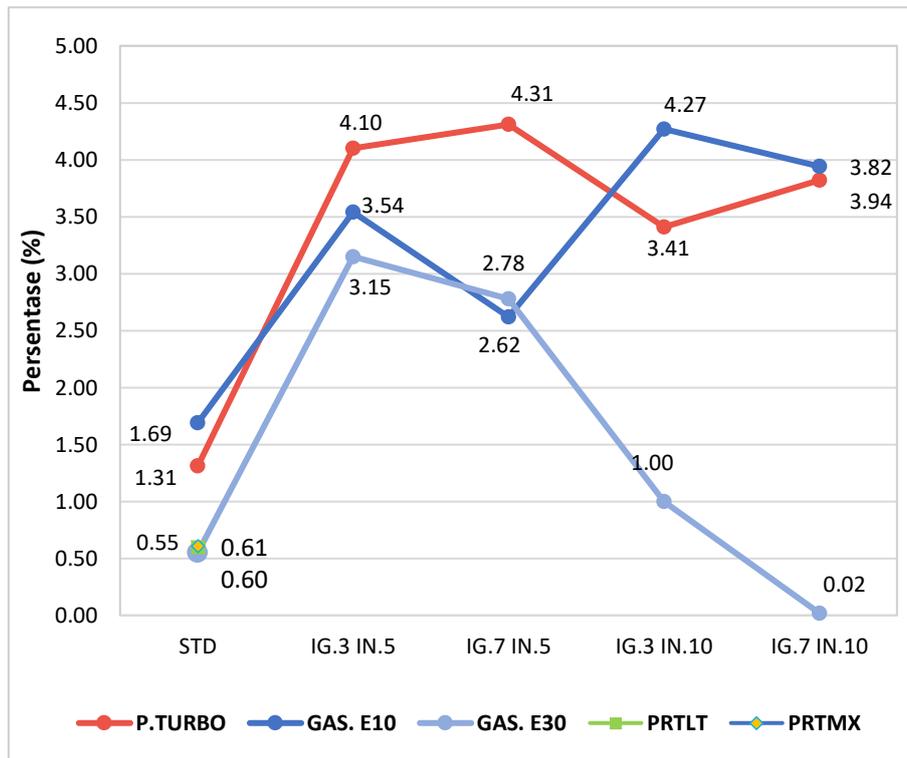
Bahan Bakar	ECU Programmable (ignition t. 3°BTDC dan injector t. 350°ATDC)											
	CO (%)				CO ₂ (%)				HC (ppm)			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
P. Turbo	2,62	3,71	3,89	3,41	6,4	8,3	8,4	7,70	570	674	655	633
Gas. E10	4,41	3,95	4,46	4,27	9,5	8,5	9,3	9,10	510	475	536	507
Gas. E30	0,37	1,0	1,63	1,00	11,3	11,0	10,8	11,03	422	449	607	493

Tabel 6. Hasil uji emisi dengan ECU Pro. (ignition timing 7°BTDC dan injector timing 350°ATDC).

Bahan Bakar	ECU Programmable (ignition t. 7°BTDC dan injector t. 350°ATDC)											
	CO (%)				CO ₂ (%)				HC (ppm)			
	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata	Uji 1	Uji 2	Uji 3	Rata-rata
P. Turbo	3,73	3,7	4,03	3,82	8,3	8,4	8,8	8,50	567	458	741	588,7
Gas. E10	4,3	3,55	3,96	3,94	9,5	7,6	8,1	8,40	731	541	775	682,3
Gas. E30	0,02	0,02	0,02	0,02	8,8	8,4	9,2	8,80	485	469	487	480,3

Grafik

1. Grafik perbandingan kadar CO hasil uji emisi gas buang

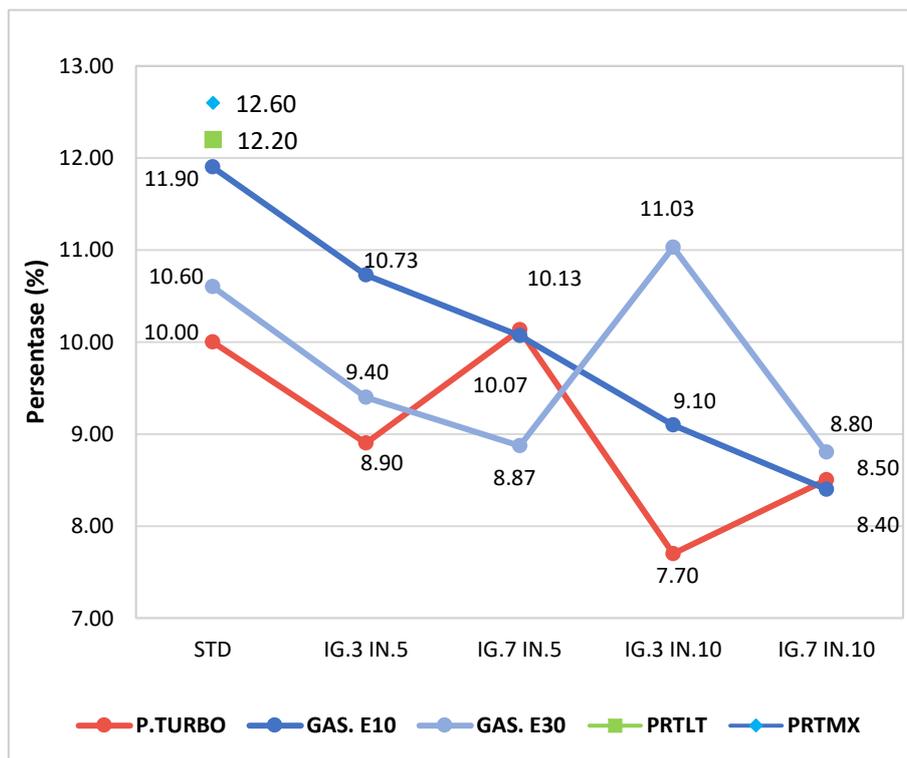


Gambar 3. Grafik Perbandingan Kadar CO.

Tabel 7. Hasil Uji T Perbandingan Kadar CO.

CO								
Perlakuan	N	Mean	S	S2	Df	t hitung	t tabel	Keterangan
ECU Standar Pertalite	3	0.60	0.017	0.0003				
ECU Standar Pertamina	3	0.61	0.046	0.002133	4	0.234	2.776	Tidak Sign.
ECU Standar Pertamina Turbo	3	1.31	0.119	0.004267	4	10.226	2.776	Signifikan
ECU Standar Gasohol E10	3	1.69	0.052	0.028322	4	34.446	2.776	Signifikan
ECU Standar Gasohol E30	3	0.55	0.110	0.005408	4	0.778	2.776	Tidak Sign.
ECU Pro.IG.3.IN.5 P.Turbo	3	4.1	0.095	0.024200	4	62.523	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.5 P.Turbo	3	4.31	2.160	0.018202	4	2.975	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.10 P.Turbo	3	3.41	0.687	9.331200	4	7.082	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.10 P.Turbo	3	3.82	0.183	0.943938	4	30.423	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.5 Gs.E10	3	3.54	0.320	0.066613	4	15.890	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.5 Gs.E10	3	2.62	0.481	0.204800	4	7.269	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.10 Gs.E10	3	4.27	0.281	0.462722	4	22.579	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.10 Gs.E10	3	3.94	0.376	0.157922	4	15.386	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.5 Gs.E30	3	3.15	0.558	0.282151	4	7.919	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.5 Gs.E30	3	2.78	0.662	0.621613	4	5.702	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.10 Gs.E30	3	1.00	0.630	0.876488	4	1.099	2.776	Tidak Sign.
ECU Pro.IG.7.IN.10 Gs.E30	3	0.02	0.000	0.793800	4	58.000	2.776	Signifikan

2. Grafik perbandingan kadar CO₂ hasil uji emisi gas buang

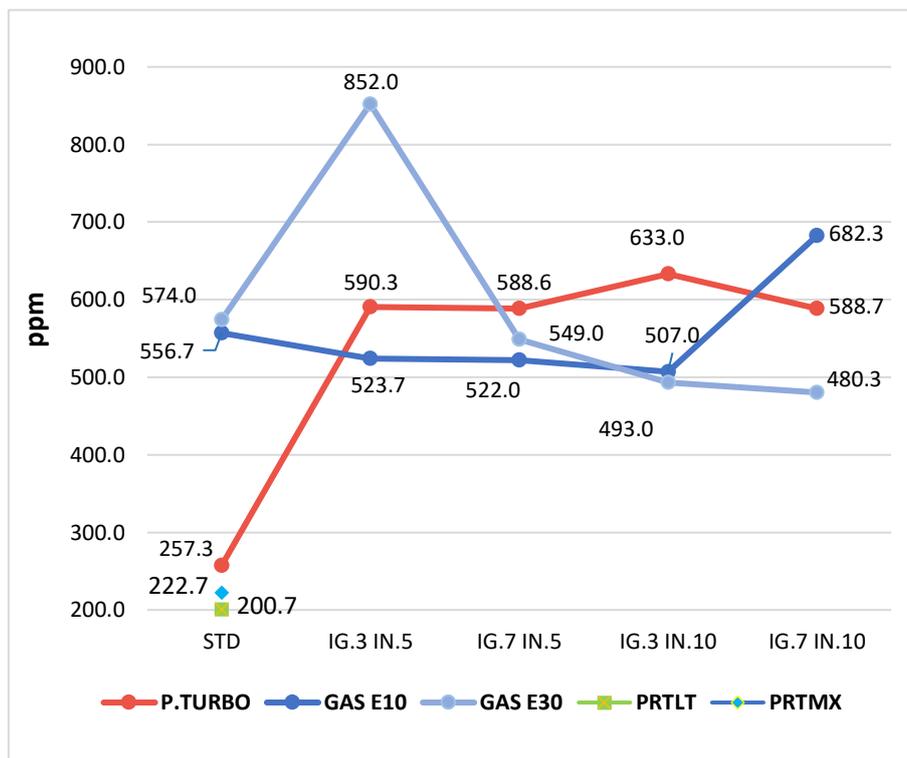


Gambar 2. Grafik Perbandingan Kadar CO₂.

Tabel 8. Hasil Uji T Perbandingan Kadar CO₂.

CO ₂								
Perlakuan	N	Mean	S	S2	Df	t hitung	t tabel	Keterangan
ECU Standar Peralite	3	12.2	0.153	0.023333				
ECU Standar Pertamina	3	12.6	0.115	0.013333	4	3.618	2.776	Signifikan
ECU Standar Pertamina Turbo	3	10.0	0.520	0.270400	4	7.137	2.776	Signifikan
ECU Standar Gasohol E10	3	11.9	0.723	0.522729	4	0.711	2.776	Tidak Sign.
ECU Standar Gasohol E30	3	10.6	0.557	0.310249	4	4.898	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.5 P.Turbo	3	8.9	0.436	0.190096	4	12.497	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.5 P.Turbo	3	10.1	0.503	0.253009	4	6.930	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.10 P.Turbo	3	7.7	1.127	1.270129	4	6.904	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.10 P.Turbo	3	8.5	0.265	0.070013	4	21.165	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.5 Gs.E10	3	10.7	0.231	0.053361	4	9.402	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.5 Gs.E10	3	10.1	0.306	0.093330	4	10.970	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.10 Gs.E10	3	9.1	0.529	0.279841	4	9.856	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.10 Gs.E10	3	8.4	0.985	0.970028	4	6.662	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.5 Gs.E30	3	9.4	0.458	0.209764	4	10.165	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.5 Gs.E30	3	8.9	0.321	0.103041	4	16.387	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.10 Gs.E30	3	11.0	0.252	0.063353	4	7.079	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.10 Gs.E30	3	8.8	0.400	0.160000	4	13.889	2.776	Signifikan

3. Grafik perbandingan kadar HC hasil uji emisi gas buang



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kadar HC.

Tabel 9. Hasil Uji T Perbandingan Kadar HC.

HC								
Perlakuan	N	Mean	S	S2	Df	t hitung	t tabel	Keterangan
ECU Standar Peralite	3	200.7	57.292	3282.333333				
ECU Standar Pertamina	3	222.7	23.861	569.333333	4	0.614	2.776	Tidak Sign.
ECU Standar Pertamina Turbo	3	257.3	10.786	116.335000	4	1.683	2.776	Tidak Sign.
ECU Standar Gasohol E10	3	556.7	81.819	6694.333333	4	6.174	2.776	Signifikan
ECU Standar Gasohol E30	3	574	17.059	291.009481	4	10.817	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.5 P.Turbo	3	590.3	72.432	5246.394624	4	7.308	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.5 P.Turbo	3	588.6	102.237	10452.404169	4	5.733	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.10 P.Turbo	3	633	55.381	3066.999780	4	9.398	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.10 P.Turbo	3	588.7	142.739	20374.422121	4	4.370	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.5 Gs.E10	3	523.7	58.398	3410.326404	4	6.839	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.5 Gs.E10	3	522	20.664	427.000896	4	9.138	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.10 Gs.E10	3	507	30.610	936.972100	4	8.168	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.10 Gs.E10	3	682.3	124.360	15465.409600	4	6.093	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.5 Gs.E30	3	852.3	40.415	1633.372225	4	16.098	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.5 Gs.E30	3	549	28.618	818.989924	4	9.421	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.3.IN.10 Gs.E30	3	493	99.932	9986.404624	4	4.396	2.776	Signifikan
ECU Pro.IG.7.IN.10 Gs.E30	3	480.3	9.866	97.337956	4	8.331	2.776	Signifikan

Pembahasan

Berikut pembahasan dari hasil penelitian:

1. Kadar CO

Sesuai data yang didapati dari hasil pengujian emisi gas buang, diketahui bahwasanya kadar CO terendah yang dihasilkan dengan ECU *Programmable* diperoleh pada perlakuan saat pengapian (*ignition timing*) 7°BTDC dan saat penginjeksian (*injector timing*) 350°ATDC menggunakan bahan bakar Gasohol E30 dengan nilai kadar sebesar 0,02%, dimana terjadi penurunan dengan selisih 0,58% dari data standar yang sebelumnya sebesar 0,60%. Hal ini juga dibuktikan dengan uji t dengan taraf signifikan 5% menunjukkan hasil sebesar 58,000 dengan perbandingan t tabel sebesar 2,776.

Kadar CO tertinggi yang dihasilkan dengan ECU *Programmable* diperoleh pada perlakuan saat pengapian (*ignition timing*) 7°BTDC saat penginjeksian (*injector timing*) 355°ATDC menggunakan bahan bakar Pertamina Turbo sebesar 4,31%, dimana terjadi peningkatan dengan selisih 3,71% dari data standar yang sebelumnya sebesar 0,60%. Hal ini juga dibuktikan dengan uji t dengan taraf signifikan 5% menunjukkan hasil sebesar 2,975 dengan perbandingan t tabel sebesar 2,776.

Kadar CO terendah yang diperoleh dari sampel penelitian relevan ialah 1,59%, dihasilkan dengan ECU *Programmable* perlakuan saat penginjeksian (*injector timing*) 350°ATDC (dimundurkan 10° dari data standar ECU *Programmable*) menggunakan bahan bakar Peralite.

2. Kadar CO₂

Sesuai data yang didapati dari hasil pengujian emisi gas buang, diketahui bahwasanya kadar CO₂ terendah yang dihasilkan dengan ECU *Programmable* diperoleh pada perlakuan saat pengapian (*ignition timing*) 3°BTDC dan saat penginjeksian (*injector timing*) 350°ATDC menggunakan bahan bakar Pertamina Turbo dengan nilai kadar sebesar 7,70%, dimana terjadi penurunan dengan selisih 4,53% dari data standar yang sebelumnya sebesar 12,2%. Hal ini juga dibuktikan dengan uji t pada taraf signifikan 5% menunjukkan hasil sebesar 6.904 dengan perbandingan t tabel 2,776.

Kadar CO₂ tertinggi yang dihasilkan dengan ECU *Programmable* diperoleh pada perlakuan saat pengapian (*ignition timing*) 3°BTDC dan saat penginjeksian (*injector timing*) 350°ATDC menggunakan bahan bakar Gasohol E30 dengan nilai kadar sebesar 11,0%, dimana terjadi peningkatan dengan selisih 1,2% dari data standar yang sebelumnya sebesar 12,2%. Hal ini juga dibuktikan dengan uji t pada taraf signifikan 5% menunjukkan hasil sebesar 7,079 dengan perbandingan t tabel 2,776.

Kadar CO₂ terendah yang diperoleh dari sampel penelitian relevan ialah 3,33%, dihasilkan dengan ECU *Programmable* perlakuan saat penginjeksian (*injector timing*) 350°ATDC (dimundurkan 10° dari data standar ECU *Programmable*) menggunakan bahan bakar Peralite.

3. Kadar HC

Sesuai data yang didapati dari hasil pengujian emisi gas buang, diketahui bahwasanya kadar HC terendah yang dihasilkan dengan ECU *Programmable* diperoleh pada perlakuan saat pengapian (*ignition timing*) 7°BTDC dan saat penginjeksian (*injector timing*) 350°ATDC menggunakan bahan bakar Gasohol E30 dengan nilai kadar sebesar 480,3ppm, dimana terjadi peningkatan dengan selisih 279,6ppm dari data standar yang sebelumnya sebesar 200,7ppm. Hal ini juga dibuktikan dengan uji t pada taraf signifikan 5% menunjukkan hasil sebesar 8,311 dengan perbandingan t tabel 2,776.

Kadar HC tertinggi yang dihasilkan dengan ECU *Programmable* diperoleh pada perlakuan saat pengapian (*ignition timing*) 3°BTDC dan saat penginjeksian (*injector timing*) 355°ATDC menggunakan bahan bakar Gasohol E30 dengan nilai kadar sebesar 852,3ppm,

dimana terjadi peningkatan dengan selisih 651,6ppm dari data standar yang sebelumnya sebesar 200,7ppm. Hal ini juga dibuktikan dengan uji t pada taraf signifikan 5% menunjukkan hasil sebesar 16,098 dengan perbandingan t tabel 2,776.

Kadar HC terendah yang diperoleh dari sampel penelitian relevan ialah 162,3ppm, dihasilkan dengan ECU *Programmable* perlakuan saat penginjeksian (*injector timing*) 365°ATDC (dimajukan 5° dari data standar ECU *Programmable*) menggunakan bahan bakar Pertalite.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Emisi gas buang terbaik yang dihasilkan sepeda motor FI dengan penggunaan ECU *Programmable* diperoleh pada perlakuan saat pengapian (ignition timing) 7°BTDC dan saat penginjeksian (*injector timing*) 350°ATDC menggunakan bahan bakar Gasohol E30 dengan nilai kadar CO sebesar 0,02% kadar CO₂ sebesar 8,80% kadar HC sebesar 480,3 ppm dimana hasil yang diperoleh menunjukkan perubahan yang signifikan.

Saran

Bagi pengendara sepeda motor maupun pengguna kendaraan lain perlu memahami penyesuaian nilai oktan bahan bakar dengan spesifikasi engine, hal ini bertujuan agar kadar unsur berbahaya dari emisi gas buang yang dihasilkan bisa lebih rendah, sehingga kontaminasi pada udara juga turut berkurang.

Bagi peneliti yang melanjutkan pengujian ini (Penggunaan ECU *Programmable*) diharapkan untuk remap durasi penyemprotan *injector* atau mengganti *injector* standar dengan *injector racing* sesuai keperluan, jenis busi yang dipakai, dan pertimbangkan nilai oktan bahan bakar yang digunakan sesuai dengan rasio kompresi dan spesifikasi engine di penelitian berikutnya.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Selamat, Weil dan Alimin 2010, "Sistem Kontrol Durasi Injeksi Bahan Bakar pada Mesin 4 Langkah dengan Menggunakan Logika Fuzzy", Prosiding SENTIA, vol. 8, pp.19-22, 2016.
- [2] Wahyu, D.H., Sistem Bahan Bakar Pada Motor, Yogyakarta: Javalitera, 2013.
- [3] J. Jama and Wagino, Teknik Sepeda Motor Jilid 2. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, 2008.
- [4] Anonim, Sepeda Motor Sistem Bahan Bakar Injeksi, Unit Pelaksana Teknis Pelatihan Kerja Mojokerto, 2009
- [5] Sungkono, D dkk., "Pengaruh pengaturan derajat waktu injeksi terhadap unjuk kerja dan emisi motor diesel berbahan bakar biodiesel", Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi, vol. 7, no.2, pp. 76-86, 2008.
- [6] Anonim, User manual Imax Juken, Bintang Racing Team, 2013.
- [7] B. Amin and F. Ismet, Teknologi Motor Bensin, Jakarta: Kencana, 2016.
- [8] W. Suyanto, Teori Motor Bensin. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dan Direktur Jendral Pendidikan Tinggi P2LPTK, 1989.
- [9] Anonim, "Pengaruh Saat Penginjeksian Bahan Bakar (Injection Timing) Terhadap Torsi, Daya Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Beat FI", Universitas Negeri Padang, Padang, 2020.
- [10] Sugiyono, Metode Penelitian Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D, Bandung: Alfabeta, 2017

- [11] Sutiman, Modul Sistem Kontrol Elektronik, Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif UNY, 2005.
- [12] Handayani, Sri Utami, "Pemanfaatan Bioethanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin", Gema Teknologi, vol. 15 no.2, 2007.
- [13] T. Tim, Training Engine Step 1, Jakarta: PT. Toyota Astra Motor, 2010.